

4. オープンサイエンス時代の観測データと その科学的・社会的役割

村山 泰 啓*

1. はじめに

近年「オープンサイエンス」や「オープンデータ」などといった言葉を聞く機会が増えている。「オープンサイエンス」は非常に幅広くつかみどころのない考え方という意見がある一方、国際政治の場でも2013年G8会合以降「オープンサイエンス」の推進が合意事項になってきている。とくに科学研究における「データ」が国際的に重要と考えられ、研究データの取り扱い(とくに大量になりがちなデジタルデータ)の共有、可能ならオープン化と相互利用の推進が重要なトピックとなっている。

必ずしも「科学を面白くする、わくわく感を刺激する」オープンサイエンスではないかもしれないが、科学が不要な無理をせず健全に、科学にも社会にもメリットのある、そういうオープンサイエンスの議論の一部を、データを軸として紹介したい。

研究活動の少なくない部分、科学の論拠と相互議論の多くがデータに寄って立つなら、それは論文と同様に科学にとって欠かせない重要な要素である。それは論文と同様に科学のもたらした知的資産(アセット)と考える議論が海外でも活発になっている。

筆者は、世界最大規模の国際学術団体の1つであるICSU(国際科学会議; 2018よりISC, 国際学術会議)の直轄事業であるWDS(World Data System)の国際事務局を我が国でホストするという先例のない事業に関わり(例えばICSU 2016; ICSU-WDS 2012; 日本学術会議 2012)これをきっかけとして近年の科学政策や学術会議等の場でデータに関する発言の機会を得てきた。ICSU本部や各種国際学術組織においても、科学

データ、情報の「オープン化・共有化」という大きな国際議論の流れのなかにある。

5年前にはこうした話題を議論しても国内でほとんど反応がなかったが、この数年間で状況は驚くほど変わってきた。他の研究機関・大学や図書館等と共同・またはそれぞれ独自の議論や集会が行われるようになった(例えば、データシェアリングシンポジウム(科学技術振興機構 2016)の頃から科学技術振興機構、国立情報学研究所や物質・材料研究機構等が議論に参加頂けたことはとくに印象深かった)。

気象学・大気科学においても、データはいわば分野の基盤といってもよい。本稿では観測事業そのものや具体的な気象データを議論しないが、本シンポジウムのテーマ「観測データ」は米国地球物理学連合(AGU)や英国気象学会のデータポリシーにもすでに言及されているように、人類にとって重要な知的資産である。

今後、科学やデータのあり方、社会との関係について研究者や専門家の考え方を整理することは、ますます重要と思われる。科学者・専門家にとって研究や気象業務が長期的に健全な形でやりやすく、効率よくなることを念頭において、社会が科学から成果をもとめて社会的な福利を増やそうとすることは、実は同じ方向のほうである。

2. オープンサイエンスの動向

オープンサイエンス、という概念は国際的にもまだ、1つに定義できる段階ではなさそうであるが、その中で代表的な例を紹介したい。筆者が主に2012年頃から関与してきた議論は主に、欧米のアカデミーや政府機関・予算配分機関でしばしば議論されているオープンサイエンスの考え方が源流と考えられる。英国王立協会や米国科学アカデミー等の研究コミュニティ、OECDやICSU(2018年よりISC)をはじめとして研

* 情報通信研究機構。

murayama@nict.go.jp, ymurayama2003@gmail.com

© 2020 日本気象学会

究データが科学の今後の発展のためにとくに重要な要素であることは数多く言及されてきた (例えば The Royal Society 2018など).

近年, 論文と同様に「データ」を科学研究の成果物, 資源ととらえる議論が国際的に活発である(第1図). EU, 米国等では科学データ基盤構築事業が始まっている. 「研究データの共有」は, 科学技術立国を目指す我が国においても重要である. これは学術ジャーナルのオープンアクセス化と同じく科学情報共有の大きな国際世論のなかでも理解されるべきと考えられる.

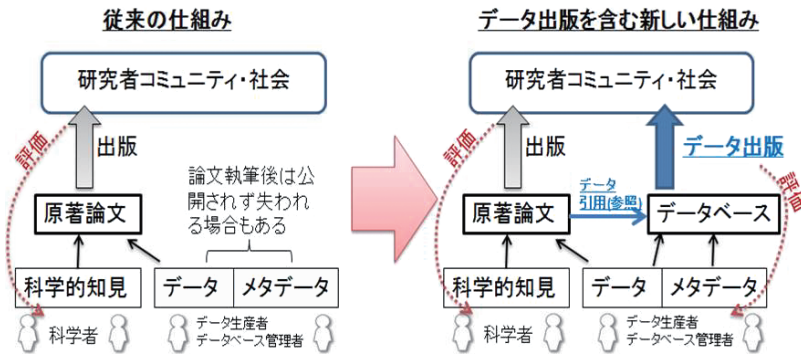
一方, 2013年の書籍「オープンサイエンス革命」(高橋 2013)で議論されるような, 市民参加による科学探究やインターネット上で衆知をあつめて問題を解く,

といったアプローチは, これもまた開かれた科学のあるべき姿を目指す考え方である. どの考え方も, それぞれ, より健全な科学, より効率的で面白い研究, といった意味で重要であろう. 近代科学の理念はそのままに, 方法論を新しい時代に適合する, 同じ流れともいえよう.

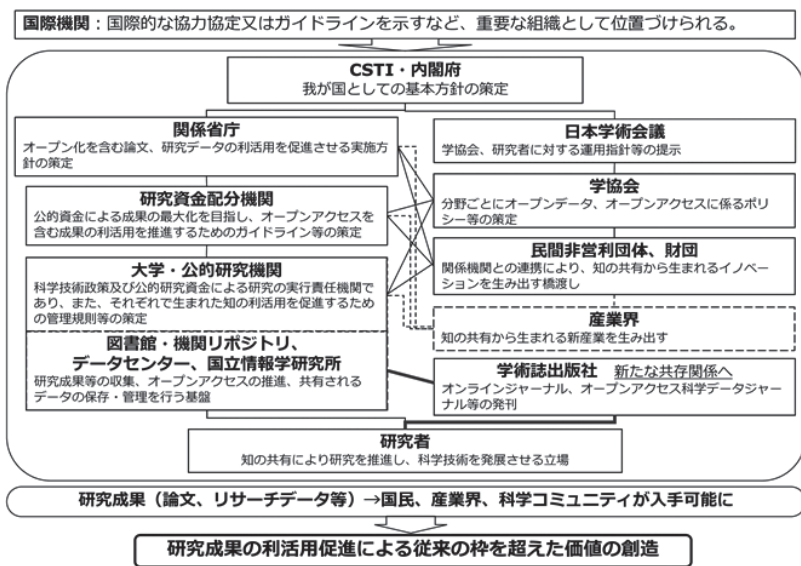
3. 科学技術政策面での動き

オープンサイエンスが政治の場で影響力を持ち, 我が国でも具体的な動きになったのは2013年の「G8科学技術大臣会合及びアカデミー会長会合」が合意した「研究データオープン化」が契機となった (例えば GOV. UK 2013).

オープンサイエンスや研究データ共有に関する国際会議, G8/G7における作業部会等での調査が内閣府等で行われ, 筆者も参加して執筆された報告書「我が国におけるオープンサイエンス推進のあり方について〜サイエンスの新たな飛躍の時代の幕開け〜」(内閣府国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会 2015)等が公表された. この報告書では, 関係府省や大学・公的研究機関のみでなく, 日本学術会議および関連学協会といった各分野の研究・専門家コミュニティの関与が重要であることも言及されている(第2図). 内閣府ではその後も, 国際動向のフォローアップとともに, 国内研究機関のデータポリシー検討, データ保存機構(データリポジトリ)の信頼性等に関する議論が続けられている (内閣府 2018b, c). 2016年 G7科学大臣会合が設置した G7オープンサイエンスWG (日本とEUが共同議長国) は2017年 G7 (イタリア) で継続され, 筆者は WG



第1図 学術研究におけるデータの位置付けの変化 (地球電磁気・地球惑星圏学会 2013).



第2図 我が国のオープンサイエンスに関する政策立案および実施における相関図(内閣府国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会 2015).

共同議長の一員として2015年の内閣府報告書以来、本件に協力している。微力ながら、国際的な科学技術政策動向に対して、科学コミュニティの声の一端として貢献できれば幸いと考えている。

4. データのオープン化、共有の考え方

オープンサイエンスやオープンデータはしばしば、研究過程の情報やデータを「即時にすべて開示・公表」すべきと理解されることがあるが、これは国際的にも慎重であるべきという議論が増えている。論文のオープンアクセス化運動では論文という情報資産を誰にでも無料かつ最低限のコストで読める、ということを一貫してポリシーにしているが、データについては事情が異なる。アカデミーや国際事業側（ICSU（ISC）、CODATA、WDS、GEO、OECD等）ではオープンな科学データアクセスを要請する声が大きいが、実際には分野、研究テーマ、関係者、権利等、考慮すべき点がある。

日本政府では、2018年1月25日の内閣府政策討議資料において（内閣府 2018a）、「オープン」は近似的に「戦略的開放」であり、これは「誰でも自由に」（無制限に）ではない、との理解が紹介されている（第3図）。

あくまでも、科学が社会にとって不可欠な機能であることを前提に、科学と社会の双方が健全に最効率で稼働することを目標にすべきであり、科学コミュニティがむやみに競争力を失う「オープン化」であってはならないし、また国や関係機関の利益を不必要に損なうようでは長期的に健全な関係は築けない。科学コミュニティは科学者・専門家の意見として、この点について社会と相互に健全な理解ができるよう理解、議論をしておくことが望ましいといえる。

なお「オープンデータ」という言葉はキャッチフレーズとしても使いやすいためか、従来から頻繁に使われてきたが、近年、日本や米国をはじめとして「データ共有」「研究データ共有（Research Data Sharing）」という言葉がしばしば用いられる。

5. 公共データと科学データにおける「オープンデータ」（データ共有）

先行していた政府系オープンデータまたは公共データのオープン化（いわゆる Open Government Data）と、科学データ・研究データを対象とするオープンデータまたは研究データのオープン化（Open Research Data；以下、「研究データ共有」とよぶ）と

は、一般論として、情報開示ポリシーや意思決定のプロセスが大きく異なる。

潜在的に知的生産性・知的価値が高くまた専門性が高い研究データは、ある場合はその研究機関や国の科学技術力の基礎であり、ある場合は一国の産業競争力の源泉であり、ある場合は高度に機微な政治的意思決定に関わることがありうる。

そうした競争力や意思決定に、どういうデータのどの要素・側面が本質的に重要かを判断できるのはその分野の専門家だけである。すなわち、データ共有のためのポリシーや共有範囲、期間、ライセンス・権利等について本質的な判断の責任は、当該専門家が持つべき事項と筆者は考えている。

このため、研究データ共有のやり方は、統一ルールが作れる性質のものではない。筆者も策定に関与した「国立研究開発法人におけるデータポリシー策定のためのガイドライン」（内閣府 2018c）においても法人全体でのポリシー作りに限定せず、「適切な組織」でつくることを想定する方向性を示している。

ここで「研究データ」と呼ぶときには、自然科学だけでなく、理工学、人文社会科学、産業その他、専門性の高いデータ全体を「研究データ」と総称する。これは欧米豪が立ち上げたG7でも言及されグローバルな研究データ流通・整備の議論と実践を目指す国際組織 Research Data Alliance（RDA；研究データ同盟）でも用いられてきた考え方である。

気象分野では気象官署はしばしば行政業務に位置付けられるが、同時に、気象データは国や地域によっては産業競争力や環境・災害問題、さらには国際関係上

[林和弘、内閣府CSTI政策討議、2018/1/25]

7 政策討議でのオープンサイエンス

- ・ Open ≒ 戦略的開放 ≠ 誰でも自由に
 - 我が国の研究、産業、文化振興と社会が発展する戦略・方針（シークレット・クローズ・オープン）を持った上で
 - ・ 研究者（関連分野、非関連分野）への開放
 - ・ ステークホルダー（研究助成団体等）への開放
 - ・ 広く産業・社会への開放
 - ・ （その中の1オプションとしてフルオープンも含まれる）
- ・ 戦略を支える基礎的な方針の重要性と留意点
 - 研究データを資源として最大限活用する
 - これまでのオープン・クローズ戦略だけでは通用しない
 - 新たな科学研究（と関連産業）が加わる
 - ・ オープンな情報基盤を活用したビッグデータ研究、市民科学等

第3図 「オープン」の概念。「オープン」は近似的に「戦略的開放」であり、「誰でも自由に」（無制限に）ではない。

など種々の文脈で重要と想定されるため、専門家の判断が必要な領域の1つと考えられる。高度な科学技術力を活用する行政機能のデータは、一律にカテゴライズしづらく、また情報資産としての価値が高いものも少なくないため、今後も慎重な議論が必要な分野といえるだろう。

6. 研究データ共有と科学的方法論

国際的な科学技術政策やアカデミックなポリシー議論において情報技術 (IT)・情報通信技術 (ICT) 基盤を活用する新たな学術情報の整備・利用体制などを想定した議論が増えている。インターネット上での迅速で効率的な研究の推進などといった側面が重視され、データ中心の科学、データ駆動型研究といった議論も注目を集めるが、活版印刷が発明されて以来、印刷物が学術活動・学術情報を支えて巨大な世界的科学システムを構築してきた一方、生まれて100年に満たないデジタル計算機・ネットワーク技術は、まだ未成熟な状態といえる。

ここでは、科学研究のあり方から、研究データのオープン化やデータ共有について、研究コミュニティとして考えを整理することを試みる。

例えば、科学と社会の関係から、学術論文や研究データのあり方の整理は、近代科学の方法論と関連付

けて説明できるだろう。第4図の左側は、いわゆる伝統的な科学研究の方法論の1つである。仮説をたて、証拠に基づく合理的な論理構築により仮説の検証を行い、一定の結論を得る。この研究成果は例えば専門家コミュニティによる議論や検証を経て正当と認められる。近代科学の原理からいえば、第三者による結果の再現性 (reproducibility あるいは replicability) を担保するため、検証可能な記録が保存され共有される必要がある (例えば AAAS 1990 など)。かつて研究論文上で数式とロジック、せいぜいデータテーブルを掲載することで検証可能な成果も数多くあったが、現在ではそうでない研究も多い。そもそも研究現場では論文を検証可能にすべきという規範、作法はあまり重視されてこなかったともいえる。生化学分野では、論文の結論を再検証できないことを重大視して (例えば Begley and Ellis 2012 など)、近代科学的方法論の原則にのっとるならば改善が必要な状況という議論が年々活発化している。

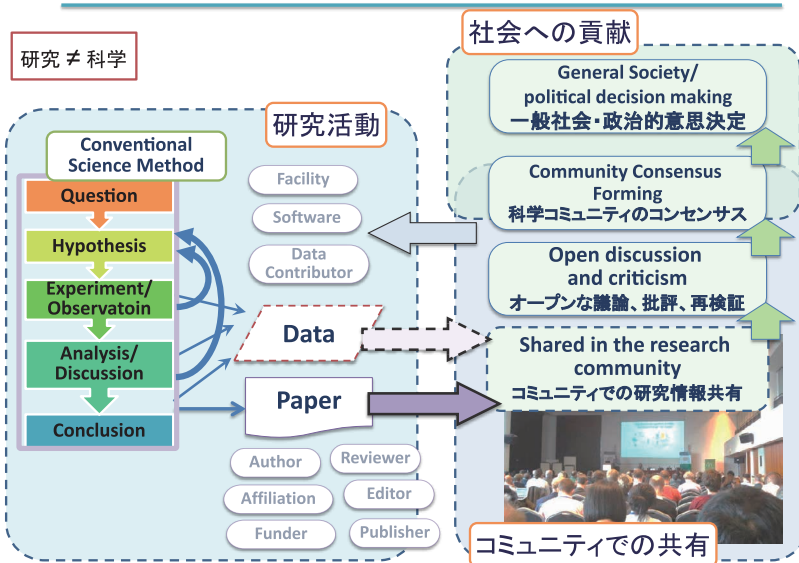
一方、科学研究の公正性といった、研究現場にとってはしばしばネガティブなインパクトを与えることは憂慮すべき問題である。むしろ、研究コミュニティが議論や情報を共有することで研究の推進や効率化に寄与する、データや情報を共有することで研究者が「元気のでる」議論が活発化するように考える必要がある。

研究者同志の議論や共同研究の活性化などを通じてより多くの新たな発見や成果が得られる可能性が高まる。近年は複数の研究者がプロジェクト型研究で共同する機会も多く、実質的にはプロジェクトチーム内での情報共有、連携作業が効率化に寄与している。学術研究枠組みを再調整することで、グローバルな効率化を目指す、といってもよいかもしれない。もちろんそこでは個々の研究者のメリット・デメリットの議論は重要である。

7. データ引用

G7や OECD, ICSU-WDS や CODATA などの国際的な

伝統的科学研究方法論の拡張と社会との接点



第4図 伝統的科学研究方法論の拡張と社会との接点。

科学データへの取組み議論においては、データは発見可能で再利用可能なものであるべきと考えられている。データ生成者は論文著者と同様かそれ以上に、重要な科学的成果をもたらした功績者として評価されることが重要と考えられている。

論文では、論拠、エビデンスを明示する方法として引用(citation)が重要な役割を果たす。論文の被引用数はその研究への注目度を表す上でも重要な定量的指数となる。

データを使用した研究では、利用したデータを明示的に引用すること(data citation)が重要と考えられ、国際組織等でもそのポリシーが議論、推進されている(例えばAGU 2015; CODATA-ICSTI Task Group on Data Citation Standards and Practices 2013; Data Citation Synthesis Group 2014)。

国際的に提言されているデータ引用原則では、データに永続的識別子(persistent identifier)の付与が求められることが増えている。現在ではほぼ標準的に論文に付与されているデジタルオブジェクト識別子DOI(Digital Object Identifier)は永続的識別子の1つである。DOIはデータ引用の強力なツールと目される(第5図)。DOIは国際機関「国際DOI財団」に登録され、論文のDOIと同様に簡便な参照、引用が可能になり、また被引用度や論文や研究者の定量的評価指標の算出などが飛躍的に容易となる。データ生成者・寄与者への評価尺度の開発が進展することが望まれている。

ICSU-WDSのようなアカデミーサイド、RDA(Research Data Alliance)のような各国政府機関や国立機関が関心をもつ科学技術情報インフラを含んだ議論、DataCite、ICSTI、FORCE11などの国際組織、AGU、EGU(欧州地球科学連合)等学協会、エルゼビア、ワイリー、シュプリンガー・ネイチャーなど学術出版社の活動、その他多方面から、共有されたデータに国際共通の識別子をつけて、論文出版とデータをリンクさせるデータ引用

(data citation)の活動が積極的に進められつつある。

DOIは永続的識別子と呼ばれるように、登録後は削除しないのが原則である。出版論文を考えれば、論文本体の印刷版や電子ファイル(PDFなど)も、そのDOIも、削除や参照不可能になることは想定されない。学術情報基盤とみなすなら、引用されるデータの保存期間は、論文PDFのそれと同程度の期間とならなければならないことになる。しかし研究機関やミッションの長期的な将来が不透明になりがちな昨今、方策についてはやはり議論が必要である。現在、欧米等では国家事業として科学情報基盤の整備計画がすすめられているところである(European Commission 2017; 村山・林 2016)。個別機関の自助努力に留まらず、こうした大枠の検討も大変重要といえる。

とはいえ、DOI登録の作法は世界全体で一律でない。分野ごとに今後整備していく必要があると考えられる。論文とデータを対比して例えるなら、論文PDF(データならデータファイル本体)へアクセスできなくても論文のWebページ(データの書誌カタログの情報を記載するWebページ。「Landing page」と呼ばれる)だけでもあればよい、という妥協的な案もあるかもしれない。

もちろん、データにアクセスできなくてもよい、などという案は内閣府が提唱するSociety5.0やEUの

DOI (digital object identifier)と恒久性

重要なことは

- DOIの不変性は、「国際DOI財団(IDF)」と加盟組織が担保する
- URLは変化しても、DOIは不変。URL変更時は登録変更。

文献のDOI (恒久的識別子)

10.1002/2014JD022647

「解決(resolve)」されたURL

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014JD022647/abstract;jsessionid=453F88F55438032C647492980DD0A082.f02t01>

ランディングページ (論文書誌情報など)

実際の論文PDF



データのDOI (恒久的識別子)

doi:10.17591/55838dbd6c0ad

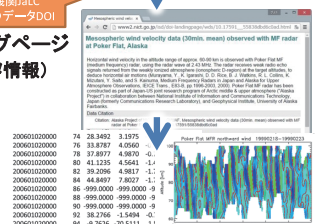
「解決(resolve)」されたURL

http://www2.nict.go.jp/isd/doi-landingpage/wds/10.17591_55838dbd6c0ad.html

国内登録機関JALC 経由の最初のデータDOI

ランディングページ (メタデータ情報)

実際のデータ



第5図 文献のDOIとデータのDOI。

Digital Single Market 戦略で想定されるビジョンに沿ってはいない。社会全体で公共データから専門のデータまでを広く利用し合うことで、科学、暮らし、経済を効率化するという思想においては、データは世界全体で発見可能で、即時に計算機で処理可能である。現時点では、夢物語に聞こえるこの思想は、しかし欧米を中心として真剣に科学者も交えた議論となっている。将来のデジタル社会のビジョンと、現在の研究機関・公共機関のデータ保存の問題とは、科学者が発言すべき社会の課題となっているといえる。

8. 気象学、地球科学とデータ

最後に、気象学、地球科学のデータについて触れた。この分野の研究対象の多くは環境中の現象であり、その観察・観測を記録したデータは、重要な研究素材であるとともに、二度と再現しないいわば「歴史資料」としての性格をもつ。AGU は学会ポリシーとして、地球科学・宇宙科学のデータは人類の遺産であり長期保存されて、科学者コミュニティおよび一般社会からできる限りアクセス可能になるべき、と述べている (AGU 2015)。また研究の再現性担保の要請から、論文をはじめとする研究成果の発表時には、その成果の根拠となるデータが、論文と同様に提供されることが期待される、としている。

地球科学・宇宙科学データの長期的価値、とくに失われれば二度と手に入らない一瞬一瞬の観測データを人類資産として整備して超長期的に保存していくことは、国際的な科学コミュニティでは大きな問題意識をもって議論されてきている。そうした活動の1つに COPDESS (Coalition for Publishing Data in the Earth and Space Sciences) がある (第6図)。当該分野のデータを「出版」する出版者、データ保存・提供に関係する機関などが集まって、データをできるだけオープンに利用可能にしていく上のポリシーから実践までをカバーするという連携組織である。AGU などの学協会、エルゼビア、ワイリーといった学術出版社、NSF (米国国立科学財団) 等ファンディングエージェンシーなどが議論に参加してきた。

データ提供者の意向やポリシーの問題はとくに我が国では今後も議論が必要であるが、すでにコミュニティで共有され活用されているデータもある。データ提供者が外部でのデータ活用を希望しているケースなどについて、欧米ではデータ出版の手法やメカニズムが実際に事業者も交えて議論され、実践が進んでいることは注視すべきであろう。我が国でも国立極地研究所がいち早く Polar Data Journal を刊行するなど、徐々に動きも出ている (南山ほか 2017)。

こうした研究コミュニティの基盤を支えて、科学の発展に貢献する活動について、我が国の研究機関、学

協会や研究資金の制度はどちらかというあまり得意でないように見受けられる。国際的な科学のルール、基盤制度等は従来、主に先進国が構築し、支えてきた。我が国は、多くの分野で国際的にトップクラスの研究成果を創出している一方、こうした科学システム事業の構築・運営への貢献のしかたを再考してよいのではないかと。同時に国際ルールへの影響力や制度構築への貢献は、自国・自分野の競争力も左右する可能性にも注意を払ってよいだろう。



第6図 COPDESS の概念図 (Kerstin Lehnert 2017を筆者が加筆)。

9. 科学と社会

近年、科学はますます社会

と密接にかかわることが求められていると感じるのは筆者だけだろうか。社会からは、科学技術の実現してきた驚異的な発展を前提に、社会貢献する科学、問題解決する科学だけを求める傾向が強いように感じてしまう。しかしこれまで見られてきた科学の大きな貢献は、先人のなしてきた発見と理解にもとづき、データと論理構築を地道に積み上げてきた無数の研究成果によってはじめて実現できたことである。

科学は、科学者に資金・資源さえ与えれば願いがかなう打ち出の小づちではないのは自明である。個々の研究者の情熱と、浪費とも思える時間と手間をかけた実験・観察・計算やデータ取得、合理的議論と科学的理解の積み上げによりはじめて成果となるものである。そこでは応用研究だから社会に役立つ、基礎研究は社会還元とは無縁、などという議論とは前提が違っている。

アンリ・ポアンカレは「石を積み上げて家にならないように、事実を積み上げるだけでは科学にはならない」と言った。この文章の前には「ちょうど家が石から作られるように、科学は事実から作られる」という言葉が置かれている。

近代科学のシステムにおいては、この「石」はこれまで主に文献・論文であった。先人は研究成果として報告される「石」を、堅固な科学知とすること、石の上に石を正しく積み上げることに努め、精緻で華麗な建築物、すなわち重要な科学的知見と技術を実現してきた。

現代においては文献とともにデータやその他の構成要素がすべて研究業績・貢献とみなされる必要があり、科学という建築物を構成する「石」となる必要が生じている。その上に今後、さらに無数に成果が積み重なっていくことではじめて、将来のイノベーションが可能となる。そのための基礎として、しっかり堅固な「石」をいま作っていくことが求められる。いま国際的な議論では、この「石」が将来の成長を支えるには脆弱になっているのではないかと、これを担保する体制やシステムが整っていない、という危惧が表明されている。個々の研究者の努力不足のように言える段階ではないということではないか。災害対策や社会貢献も含めて、科学が作り上げるべき知の体系すべてに共通する課題であろう。

1つ1つの研究業績は研究者の研鑽や切磋琢磨によって作られる一方、業績・成果は議論・吟味され、出版・共有され、保存され、次の研究がいつでも参照

できる、いわば科学のエコシステムの成立が不可欠であったことに注意が必要である。この科学エコシステムのありようが、デジタル基盤や技術の変化によって変わりつつあると言われる。

科学のありようについて、もっとも注意を払って議論すべき主体は科学者ではないか、と筆者は考えている。科学者の科学業績と評価のありかたすらも、議論の対象となっている。これまでみてきた国際的な危機感を共有することで、現代社会およびその未来を支える科学知が将来崩れてしまうことのないようにする必要がある。そのためには、研究者がなす科学のために必要な業務成果が正当に評価され、これを支えるシステムが整備されることが前提である。科学が社会のための知恵の基盤となり社会（そこには政治・政策や経済、産業、市民生活等も含まれる）と科学がお互いにより強固に支え合い信頼し合えるようにすることは、今後も互いが持続的に発展していくために不可欠な基盤なのではないだろうか。

略語一覧

- AAAS: American Association for the Advancement of Science 米国科学振興協会
 AGU: American Geophysical Union 米国地球物理学連合
 CODATA: Committee on Data for Science and Technology 科学技術データ委員会
 COPDESS: Coalition for Publishing Data in the Earth and Space Sciences
 GEO: Group on Earth Observations 地球観測に関する政府間会合
 ICSU: International Council for Science 国際科学会議
 ICSTI: International Council for Scientific and Technical Information 国際科学技術情報評議会
 ISC: International Science Council 国際学術会議
 OECD: Organization for Economic Cooperation and Development 経済協力開発機構
 WDS: World Data System 世界科学データシステム

参考文献

- AAAS, 1990: Science for All Americans.
<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm> (2018.9.16閲覧)
 AGU, 2015: Earth and Space Science Data Should Be Credited, Preserved, Open, and Accessible as an Integral Responsibility of Scientists, Data Stewards, and Sponsoring Institutions.
<https://www.agu.org/-/media/Files/AGU-Data->

- Position-Statement-Final-2015.pdf (2019.8.11閲覧)
- Begley, C. G. and L. C. Ellis, 2012: Raise standards for pre-clinical cancer research. *Nature*, **483**, 531-533, doi:10.1038/483531a.
- 地球電磁気学・地球惑星圏学会, 2013: 地球電磁気学・地球惑星圏科学の現状と将来.
http://www.sgepss.org/sgepss/shorai/SGEPSS_syorai_Jan2013.pdf (2020.11.04閲覧)
- CODATA-ICSTI Task Group on Data Citation Standards and Practices (Y. M. Socha ed.), 2013: Out of Cite, Out of Mind: The current state of practice, policy, and technology for the citation of data. *Data Sci. J.*, **12**, doi:10.2481/dsj.OSOM13-043.
- Data Citation Synthesis Group (M. martone ed.), 2014: Joint Declaration of Data Citation Principles. FORCE11, doi:10.25490/a97f-egykh.
- European Commission, 2017: European Open Science Cloud.
<https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-cloud> (2018.9.17閲覧)
- GOV.UK, 2013: G8 Science Ministers Statement.
<https://www.gov.uk/government/news/g8-science-ministers-statement> (2018.9.20閲覧)
- ICSU-WDS, 2012: WDS International Programme Office Inauguration in Tokyo.
<https://www.worlddatasystem.org/news/news-archive/wds-ipo-inauguration-in-tokyo> (2018.09.20閲覧)
- ICSU, 2016: World Data System marks fifth anniversary of International Programme Office.
<https://council.science/current/news/world-data-system-marks-fifth-anniversary-of-international-programme-office> (2018.9.20閲覧)
- 科学技術振興機構, 2016: データシェアリングシンポジウム.
<http://jipsti.jst.go.jp/rda/> (2018.9.20閲覧)
- 南山泰之, 照井健志, 村山泰啓, 矢吹裕伯, 山地一禎, 金尾政紀, 2017: データジャーナル『Polar Data Journal』創刊の取り組み. *情報管理*, **60**, doi:10.1241/johokanri.60.147.
- 村山泰啓, 林 和弘, 2016: 欧州オープンサイエンスクラウドに見るオープンサイエンス及び研究データ基盤政策の展望. *STI Horizon*, **2**, 49-54, doi:10.15108/stih.00044.
- 内閣府, 2018a: 科学技術政策担当大臣等政務三役と総合科学技術・イノベーション会議有識者議員との会合 (平成30年1月25日).
<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/yusikisha/20180125.html> (2018.9.16閲覧)
- 内閣府, 2018b: 統合イノベーション戦略.
https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/tougo_honbun.pdf (2018.9.16閲覧)
- 内閣府, 2018c: 国立研究開発法人におけるデータポリシー策定のためのガイドライン.
<https://www8.cao.go.jp/cstp/stsonota/datapolicy/datapolicy.html> (2018.9.16閲覧)
- 内閣府国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会, 2015: 我が国におけるオープンサイエンス推進のあり方について.
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/index.html> (2018.9.16閲覧)
- 日本学術会議, 2012: WDS-IPO (世界科学データシステム国際プログラムオフィス) 開所式概要.
<http://www.scj.go.jp/ja/int/icsu/> (2018.9.20閲覧)
- 高橋 洋 翻訳, 2013: オープンサイエンス革命 (マイケル・ニールセン 著), 紀伊国屋書店, 398pp.
- The Royal Society, 2018: Data and AI.
<https://royalsociety.org/topics-policy/data-and-ai/topic> (2018.9.20閲覧)